PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 29. 20. April 1901. 2. Jahrgang.

INHALT.

Originalmitteilungen:
E. Rutherford, Einfluss der Temperatur auf die „Emanationen" radioaktiver Substanzen. S. 429.
F. Richarz und W. Ziegler, Über die Analyse oszillatorischer Entladungen vermittelst der Braunschen Röhre. S. 432.
H. Th. Simon und M. Reich, Nachtrag zu unserem Aufsatz „Über ein Universalstativ für Versuche mit der Braunschen Röhre und Zusammenstellung solcher Versuche". S. 433.
E. Dorn, Nochmals die Beobachtungen des Herrn Villari über die Entwickelung von elektrischen Ladungen durch „Röntgenluft". S. 433.
Vorträge und Reden:
G. Bredig, Über die Chemie der extremen Temperaturen. (Schluss.) S. 433.
Referate:
Kabel-Telegraphie und -Telephonie, System Pupin. S. 438.
W. Duddell, Über schnelle Stromveränderungen in einem Gleichstromflammenbogen. (Schluss.) S. 440.
Besprechungen:
S. Günther, Handbuch der Geophysik, 2. Auflage. S. 443.
E. Piazzoli, Impianti di illuminazione elettrica, 5. Auflage. S. 443.
R. Ferrini, Recenti progressi nelle applicazioni dell'elettricità, 3. Auflage. S. 443.
O. Murani, Trattato elementare di fisica, 2. Auflage. S. 444.
B. Weinstein, Thermodynamik und Kinetik der Körper. Erster Band. S. 444.
Nachtrag zum Vorlesungsverzeichnis des Sommersemesters 1901. S. 444.
Personalien. S. 444

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Einfluss der Temperatur auf die „Emanationen" radioaktiver Substanzen.

Von E. Rutherford.

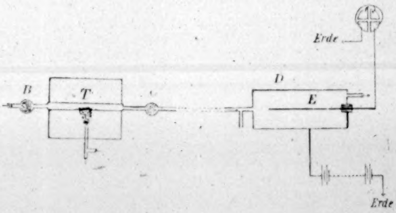
In einer früheren Arbeit[1]) habe ich gezeigt, dass Thoriumverbindungen dauernd eine Art von radioaktiven Teilchen aussenden, die ihr Strahlungsvermögen und die Fähigkeit, die Luft zu ionisieren, einige Minuten lang behalten. Diese „Emanation" (wie ich sie der Kürze halber genannt habe) vermag durch Wattepfropfen und Lösungen hindurchzugehen ohne merklichen Verlust ihres Strahlungsvermögens. Im Falle der Thoriumverbindungen nimmt die von der Emanation ausgehende Strahlung rapide ab, so dass sie in etwa einer Minute auf den halben Wert heruntersinkt.

Dorn[2]) hat gefunden, dass sowohl Radium, als auch Polonium ähnliche Eigenschaften wie Thorium zeigen; doch nehmen die Emanationen mit verschiedener Geschwindigkeit ab. Ferner hat Dorn gezeigt, dass die Anwesenheit von Feuchtigkeit in der Luft das Emanationsvermögen von Thorium, Radium und Polonium vermehrt; am deutlichsten ist letzteres der Fall beim Radium.

Verfasser hat gezeigt, dass die induzierte Aktivität beim Thorium in gewissem Grade von der Emanation abhängt, und Dorn hat dasselbe für Radium nachgewiesen.

Um den Einfluss der Temperatur auf das Emanationsvermögen der radioaktiven Substanzen zu prüfen, wurde folgende Anordnung benutzt (Figur):

Die radioaktive Substanz befand sich in der Mitte einer langen Platinröhre (T) von 40 cm Länge und 0,65 cm Weite. Die Röhre befand sich in einem Asbestofen und wurde mittels einer grossen Gebläseflamme geheizt. Ein Strom ziemlich trockner Luft aus einem Gasbehälter bewegte sich langsam durch ein Trockengefäss mit konzentrierter Schwefelsäure, dann durch



einen Wattepfropf (B), um Staubteilchen und andere Kerne möglichst zu beseitigen. Jenseits der Platinröhre passierte die Luft einen Pfropfen von Glaswolle (C), um mitgeführte Staubteilchen und Ionen zu beseitigen. Dann trat die Luft mit den in ihr enthaltenen Emanationen in ein grosses cylindrisches Metallgefäss (D). Ein in dem Cylinder befindlicher isolierter Messingstab (E) war in üblicher Weise mit den Quadranten eines empfindlichen Elektrometers verbunden.

Ein Pol einer Batterie von 300 Volt war mit dem Gefässe (D), der andere mit der Erde verbunden. Als ein Beispiel der erhaltenen Resultate betrachten wir zuerst die Wirkung des Thoriumoxydes.

Etwa 1 g Thoriumoxyd befand sich in der Mitte der Röhre. Ein Luftstrom von etwa 2 ccm pro Sekunde wurde durch den Apparat

1) Diese Zeitschr., 1, 347, 1900.
2) Naturf.-Ges., Halle 1900.

getrieben, bis die von der Emanation herrührende Entladungsgeschwindigkeit in dem Prüfgefäss konstant war.

Die Elektrometerablenkung betrug 10,6 Skalenteile pro Sekunde. Eine kleine Gasflamme bewirkte nach einiger Zeit ein schwaches Anwachsen der Ablenkung auf 11.8 Teile p. sec. Bei Anwendung der vollen Flamme stieg die Ablenkung auf 18.4 Teile p. sec., und blieb konstant, solange die Flamme konstant blieb. Bei Erhitzung der Röhre auf Rotglut mittels des Gebläses stieg die Ablenkung rapide bis zu einem Maximum von 36 Teilen p. sec. und verminderte sich dann stetig bis auf 12 T. p. sec. Wurde darauf die Röhre zur Weissglut erhitzt, so stieg die Ablenkung wieder auf 19.5 T. p. sec. und fiel dann stetig im Laufe von 10 Minuten bis auf 1.6 T. p. sec. Liess man nun den Apparat sich abkühlen, so gab die Emanation im kalten Zustand eine Wirkung von etwa 1 T. p. sec. Eine Wiederholung der Versuche am nächsten Tage ergab, dass das Emanationsvermögen sich nicht wieder erneuert hatte, und nach einer 20 Minuten langen Erhitzung auf Weissglut verminderte sich die von der Emanation herrührende Ablenkung auf 0.5 T. p. sec.

Die allgemeine Wirkung der Temperatur auf Thoriumoxyd besteht also darin, dass bei Anwendung einer hohen Temperatur das Emanationsvermögen zuerst auf den dreifachen Betrag vermehrt, dann aber fast gänzlich zerstört wird.

Dagegen ergab sich, dass bei Temperaturen unterhalb der Rotglut das Emanationsvermögen des Thoriumoxydes nicht nachliess.

Ein über 3 Stunden dauernder Versuch bei der durch eine volle Gasflamme hervorgebrachten Temperatur zeigte, dass das Emanationsvermögen (etwa doppelt so stark, als bei 20°) während dieser Zeit konstant blieb. Nach Abkühlung auf Zimmertemperatur war der Betrag der Emanation derselbe wie zuvor. Wurde dagegen die Temperatur einmal auf helle Rotglut gesteigert, so war das Emanationsvermögen verloren und konnte nicht wieder hergestellt werden.

Andere Thoriumverbindungen, wie z. B. das Oxalat, Nitrat und Sulphat wurden auch untersucht und ergaben dieselben allgemeinen Resultate, wie das Oxyd. Doch ist für diese Substanzen der Betrag der Emanation viel geringer als für das Oxyd.

Beim Sulphat ist sehr langdauernde starke Erhitzung nötig, um einen grossen Teil des Emanationsvermögens zu zerstören.

Uranoxyd giebt weder kalt noch warm eine merkliche Emanation.

Emanation des Radiums:

(Erhitzung hat einen äusserst grossen Einfluss auf das Emanationsvermögen des Radiums.)

Die untersuchten Radiumpräparate stammten von P. de Haën in Hannover.

Eine kleine Menge der Substanz (Radiumbromid) wurde in die Platinröhre gebracht und in derselben Weise geprüft wie Thoriumoxyd. Liess man einen Luftstrom über die Substanz streichen, so nahm der Betrag der Emanation rapide ab und war in 15 Minuten auf etwa $^1/_3$ des Anfangswertes gefallen, worauf er nahezu konstant blieb. Auf gleiche Materialmengen bezogen und am Ionisationsvermögen gemessen emittierte das Radium weniger Emanation als Thoriumoxyd.

Bei Heizung mit einer kleinen Gasflamme stieg der Betrag der Emanation mit grosser Rapidität. Als der Emanationsstrom im Cylinder einen 300 mal stärkeren Wert erreicht hatte, als bei Zimmertemperatur, wurde die Flamme entfernt und der Luftstrom unterbrochen. Dann zeigte sich, dass der Strom im Prüfcylinder nur langsam im Laufe der Zeit sich veränderte, indem er in 10 Minuten um wenige Prozent fiel. Diese Verminderung entstand wahrscheinlich zum Teil durch Diffusion der Emanation in die freie Luft, durch die Öffnung des Prüfcylinders hindurch. Durch Ausblasen der Luft aus dem Cylinder fiel der Strom auf $^1/_{20}$ seines Wertes, woraus ersichtlich, dass $^{19}/_{20}$ des Stromes von der im Gefäss vorhandenen Emanation herrührte, durch die die Luft ionisiert wurde, während der Rest von in den Wänden des Gefässes induzierter Radioaktivität stammte. Das Experiment wurde sodann mit einer in halber Grösse brennenden Flamme wiederholt, die so lange brannte, bis der Strom einen ziemlich konstanten Wert erreichte, der 650 mal grösser war, als bei Zimmertemperatur. Bei Anwendung der vollen Flamme stieg der Strom auf mehr als das 1800 fache des Anfangswertes. Bei heller Rotglut der Platinröhre stieg die Wirkung auf mehr als das 5000 fache. Erhitzung auf Weissglut bewirkte keine weitere Erhöhung mehr.

In diesem Stadium des Experimentes wurde die Flamme abgestellt, der Luftstrom unterbrochen und die Emanation wiederum ausgeblasen. Hierdurch fiel der Strom auf etwa $^1/_4$ seines Wertes, woraus folgt, das $^3/_4$ von der Emanation herrühren. Bei einer Wiederholung des Versuches am nächsten Tage mit demselben Material konnte der Strom durch Erhitzen auf Rotglut bloss bis auf das 65 fache des Anfangswertes vom vorhergehenden Tage gesteigert werden. Sodann wurde die Röhre 5 Minuten lang auf Weissglut erhitzt. Nach der Abkühlung wurde der Versuch wiederholt; bei Rotglut stieg die Emanation wieder etwa auf das 65 fache.

Diese Versuche zeigen, dass die Emanation des Radiums mit zunehmender Temperatur enorm anwächst; nach einmaliger Erhitzung auf

Rotglut ist jedoch diese anfängliche grosse Steigerung mit der Temperatur zum grössten Teil zerstört und kann nicht wieder hergestellt werden.

Ähnliche Resultate wurden mit einem anderen, als „einfach" bezeichneten Radiumpräparat erhalten. In diesem Falle war die Zunahme des Emanationsvermögens gross, doch nicht so gross, wie bei dem ersten Präparat.

Emanation des Radiums und induzierte Radioaktivität:

Die Emanation des Radiums zeigt einige sehr interessante Eigenschaften. Mit Thorium und Radium bei Atmosphärendruck und Zimmertemperatur wird die induzierte Aktivität stets an der negativen Elektrode erzeugt. Wurde dagegen die Emanation durch Erhitzung erzeugt, so ergab sich, dass die induzierte Aktivität nicht auf die Kathode beschränkt war, sondern manchmal sich über beide Elektroden verbreitete, selbst bei Potentialdifferenzen von 300 Volt. Der Betrag an jeder Elektrode war veränderlich. Bei einem Versuch, bei dem der Betrag der Emanation sehr gross war, war die induzierte Aktivität ziemlich gleichmässig zwischen Anode und Kathode verteilt; bei den meisten Versuchen befand sich jedoch der grösste Teil an der Kathode.

Noch eine andere merkwürdige Wirkung wurde an der Radiumemanation beobachtet. Die unter der Wirkung der vollen Gasflamme erzeugte Emanation wurde in den Prüfcylinder geleitet, bis der Strom zwischen den Elektroden konstant war. Dann wurde der Luftstrom abgestellt und alle Öffnungen verschlossen. Der Strom zwischen den Elektroden wurde von Zeit zu Zeit beobachtet. Im Laufe von 3,5 Stunden stieg der Strom auf das 1,31-fache seines Anfangswertes. Der Apparat wurde dann über Nacht stehen gelassen und bei einer Prüfung am nächsten Tage (d. h. nach 16 Stunden) fand man, dass der Strom auf das 1,1-fache des Anfangswertes gesunken war. Nach nahezu 20 Stunden war der Strom noch immer grösser als der Anfangswert. In diesem Zustande wurde die Luft ausgeblasen, wodurch der Strom ungefähr auf den halben Wert reduziert wurde. Etwa die Hälfte des Stromes rührte somit von Emanation her, die sich noch im Apparate befand, die andere Hälfte von induzierter Aktivität. In diesem Falle beschränkte sich fast die ganze induzierte Strahlung auf die Innenfläche des äusseren Cylinders. Da die Potentialdifferenz fast während der ganzen 20 Stunden angelegt war, so musste die induzierte Aktivität von Diffusion an die Wände herrühren.

Der Versuch zeigt, dass, wie auch Dorn beobachtete, die Emanation des Radiums viel länger wirksam bleibt, als die des Thoriums. In einer früheren Arbeit habe ich gezeigt, dass die Emanation des Thoriums in etwa einer Minute die Hälfte ihrer Wirksamkeit verliert. Um einen grossen Betrag induzierter Aktivität zu erhalten, verfuhr man vorteilhaft so, dass man aus zwei voneinander isolierten parallelen Platinplatten ein geschlossenes Gefäss herstellte. Die obere Platte wurde negativ geladen und das Radium auf die untere Platte gestreut. Nach einer Minute langer Erhitzung mit einer Flamme ergab sich die obere Platte stark radioaktiv.

Es zeigte sich, dass diese Aktivität nicht sehr regelmässig abnahm, aber die mittlere Zeit, die zur Abnahme auf die Hälfte nötig war, war viel geringer, als es bei der induzierten Aktivität des Thoriums der Fall war. Beim Thorium sank die induzierte Aktivität auf die Hälfte in etwa 12 Stunden.

Die Emanation des Radiums verliert also ihre Wirkung langsamer als die des Thoriums, während für die induzierte Aktivität das umgekehrte gilt. Eine detailliertere Prüfung der Radiumemanation soll in einer späteren Arbeit gegeben werden.

Der Effekt der Temperatur auf das Emanationsvermögen des Thoriums und Radiums führt zu dem Schlusse, dass die Emanation wahrscheinlich von einem chemischen Vorgang im Material herrührt. Solange die Temperatur eine gewisse Grenze nicht überschreitet, ist das Emanationsvermögen vermehrt, und bleibt konstant, solange die Temperatur konstant bleibt. Wenn dagegen die Temperatur über einen bestimmten Wert steigt, so wird das Emanationsvermögen grossenteils zerstört und kann nicht wieder hergestellt werden. Die Beobachtung Dorns, dass das Emanationsvermögen in feuchter Luft vermehrt ist, kann auch als Stütze des obigen Schlusses dienen. Wenn die Emanation von einer anderen im Radium oder Thorium vorhandenen Substanz herrührte, so sollte man eine grosse Zunahme der Emanation bei der Temperatur erwarten, wo diese Substanz ausgetrieben wird. Thatsächlich ist der abgegebene Betrag sehr klein, wenn man ihn mit dem durch stetige Erhitzung des Thoriums oder Radiums, unterhalb der zur Zerstörung nötigen Temperatur, erhaltenen vergleicht.

Zum Schlusse spreche ich für freundliche Unterstützung bei den Versuchen Herrn Dr. H. T. Barnes und Frl. H. Brooks meinen Dank aus.

Mc. Gill Universität. Montreal, 15. März 1901.

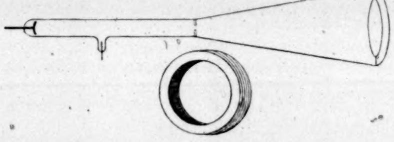
(Aus dem Englischen übersetzt von W. Kaufmann.)

(Eingegangen 31. März 1901.)

Über die Analyse oszillatorischer Entladungen vermittelst der Braunschen Röhre.

Von F. Richarz und W. Ziegler.

In ihrer Abhandlung: „Über ein Universalstativ für Versuche mit der Braunschen Röhre und Zusammenstellung solcher Versuche", diese Zeitschrift **2**, 284—291, 1901, sprechen die Herren H. Th. Simon und M. Reich die Vermutung aus, dass wir bei unserer Analyse von Flaschenentladungen vermittelst der Braunschen Röhre (Mitteilungen des naturwiss. Vereins Greifswald **31**, Sitzung vom 6. Dezember 1899; Ann. d. Physik **1**, 468, 1900) nicht die magnetische, sondern die elektrostatische Ablenkung der Kathodenstrahlen beobachtet hätten. Diese Vermutung ist aber irrig. Veranlasst ist sie, wie ich aus einem freundlichst an mich gerichteten Briefe des Herrn H. Th. Simon ersehe, dadurch, dass wir in unserer, vielleicht etwas zu knapp gehaltenen Beschreibung der Versuchsanordnung erwähnen, die ablenkende Spule habe sich unter der Braunschen Röhre befunden, und die Ablenkungen des Fluoreszenzfleckes seien nach oben und unten erfolgt, während Herr Simon eine solche Richtung der Spulenachse annimmt, bei der die magnetischen Ablenkungen dann in horizontaler Richtung hätten geschehen müssen. Wir hatten die ablenkende Spule der grösseren Freiheit im Apparatenaufbau halber unter die Braunsche Röhre gestellt. Da die Achse des rotierenden Spiegels vertikal stand, die Ablenkungen des Fluoreszenzfleckes also, wie bereits erwähnt, nach oben und unten geschehen sollten, musste der Spule eine Stellung gegeben werden und wurde ihr in der That gegeben — wie folgende Figur sie zeigt:



Dass bei dieser Stellung der Spule die von ihr ausgehenden magnetischen Kraftlinien nicht in denkbar stärkster Weise auf die Kathodenstrahlen wirkten, hatte, wie der Erfolg zeigte, nichts zu sagen: die Ablenkung war auch bei der unökonomischen Ausnutzung der Kraftlinien noch gross genug. In den meisten Fällen blieben wir daher bei der gezeichneten, uns bequemsten Stellung; in anderen Fällen wurde aber auch die Spule neben die Braunsche Röhre gestellt, so bei Versuchen von Herrn stud. Seddig im Greifswalder Physikalischen Institut, die Schwingungskurven zu photographieren. In beiden Stellungen war die beobachtete Ablenkung vertikal gerichtet, wie es die magnetische sein musste. Eine etwaige gleichzeitige elektrostatische Ablenkung war natürlich prinzipiell nicht ausgeschlossen; sie hätte zu Störungen der Schwingungsfiguren Anlass geben können; sie scheint daher, wie die Reinheit der von uns erhaltenen Schwingungsfiguren beweist, thatsächlich nur gering gewesen zu sein.

Der gute Erfolg, den uns bei der Analyse der oszillatorischen Flaschenentladungen die magnetische Ablenkung der Kathodenstrahlen in der Braunschen Röhre darbot, erweckte in mir den Gedanken an die Möglichkeit, vermittelst der Braunschen Röhre auch die Knoten und Bäuche der stehenden Wellen magnetischer Kraft auf dem Lecherschen Drahtsystem und ihre mit den Bäuchen und Knoten der elektrischen Kraft beziehungsweise übereinstimmende Lage demonstrieren zu können. Herr stud. Kiessling stellt gegenwärtig auf meine Veranlassung im Greifswalder Physikalischen Institut dahinzielende Versuche an, mit denen er auch schon in verschiedener Hinsicht Erfolg gehabt hat, insbesondere auch in der Beziehung, dass die Richtung der stattfindenden Ablenkung sie als durch die gesuchte magnetische Kraft hervorgerufen charakterisiert. Letztere ist bei den Drahtwellen bedeutend schwächer als bei den durch Spulen cirkulierenden Flaschenentladungen, giebt aber trotzdem gute Wirkungen. Im Vergleich mit dem von Hertz selbst gelieferten Nachweis der magnetischen Wellen durch die von ihnen erzeugten elektrodynamischen Wirkungen [1]) würde der Nachweis mittels der Braunschen Röhre den Vorteil bieten, direkter, einfacher und anschaulicher zu sein.

1) Wied. Ann. **42**, 412, 1891; Untersuchungen über die Ausbreitung der elektrischen Kraft (Hertz, Gesammelte Werke II), 1. Aufl. S. 204, 1892.

Marburg, Physikalisches Institut der Universität, im April 1901.

(Eingegangen 9. April 1901.)

Nachtrag zu unserem Aufsatz „Über ein Universalstativ für Versuche mit der Braunschen Röhre und Zusammenstellung solcher Versuche". [1]

Von H. Th. Simon und M. Reich.

Wie uns Herr Richarz freundlichst aufmerksam macht, ist im Abschnitt 11 unseres Aufsatzes, über oszillatorische Entladungen, das Citat 1. F. Braun, Elektrot. Zeitschr. **19**, 204, 1898, ein Versehen, da Herr Braun in dieser Arbeit von einer Verwendung seiner Röhre zum Studium oszillatorischer Entladungen nichts erwähnt.

Überhaupt ist, wie uns nachträglich auffällt, die dort gegebene Übersicht über die einschlägigen früheren Versuche insofern missverständlich, als sie den Wert und den Umfang der schönen und grundlegenden Versuche von Richarz und Ziegler [2]) gegenüber den mehr gelegentlichen Andeutungen der daneben genannten Forscher nicht genügend hervortreten lässt.

1) Vgl. diese Zeitschr. **2**, 284, 1901.
2) Ann. der Physik **1**, 468, 1900

Frankfurt a. M., Laboratorium des Physikalischen Vereins, April 1901.

(Eingegangen 9. April 1901.)

Nochmals die Beobachtungen des Herrn Villari über die Entwickelung von elektrischen Ladungen durch „Röntgenluft".

Von Ernst Dorn.

Ausgehend von den Beobachtungen von Zeleny über das Verhältnis der Geschwindigkeiten positiver und negativer Ionen im elektrischen Felde bei Luft und feuchter Kohlensäure hatte ich die Vermutung ausgesprochen, diese beiden Gase möchten bei der Anordnung von Herrn Villari entgegengesetzte Ladungen ergeben.

Herr Villari [1]) erhielt nun in vergleichenden Versuchen bei zwei Apparaten mit beiden Gasen gleichsinnige Ladungen, die aber bei CO_2 viel schwächer waren. Der dritte Versuch (mit dichtem Messingnetzwerk) gab für CO_2 schwache und schwankende, für Luft starke positive Ladungen.

Inzwischen habe ich bei weiterer Durchsicht der Litteratur gefunden, dass Townsend [2]) für feuchte CO_2, abweichend von Zeleny, die Geschwindigkeit der negativen Ionen ebenso wie bei Luft grösser findet, als die der positiven; es war $V_- / V_+ = 1{,}04$. Das entsprechende Verhältnis ist nach Townsend für trockene Luft 1,54, für feuchte 1,09; Chattock, Walker und Dixon [3]) geben statt dieser beiden letzten Zahlen 1,36 und 1,21.

Aus meiner Auffassung [4]) der von Herrn Villari beobachteten Erscheinungen würde mit Benutzung der zuletzt angeführten Zahlen folgen, dass die Ladungen für feuchte CO_2 gleichsinnig, aber schwächer sein müssten, als für Luft.

Dies entspricht den neueren Beobachtungen von Herrn Villari.

Es mag bemerkt werden, dass für feuchte CO_2 vielleicht das Verhältnis der Ionengeschwindigkeiten von dem Wassergehalt abhängig sein könnte.

Übrigens würde es sich empfehlen, zur Vermeidung anderweitiger Einflüsse [5]) die von der Röntgenluft bestrichenen Apparatteile nur aus einem Metall herzustellen, welche Bedingung bei den ersten beiden Anordnungen von Herrn Villari nicht erfüllt ist.

1) Diese Zeitschr. **2**, 360, 1901.
2) Phil. Transact. 193, 1899.
3) Phil. Mag. (6) **1**, 79, 1901.
4) Diese Zeitschr. **2**, 238, 1901.
5) S. z. B. Winkelmann, Wied. Ann. **66**, 1, 1898.

Halle, 8. April 1901.

(Eingegangen 10. April 1901.)

VORTRÄGE UND REDEN.

Über die Chemie der extremen Temperaturen.

Von G. Bredig.

(Schluss.)

Fragen wir nun: „In welchem Sinne verschieben sich die chemischen Erscheinungen bei extremen Temperaturverschiebungen?", so giebt uns zunächst die Thermodynamik hierauf folgende Antwort:

Mit steigender Temperatur verschieben sich die Vorgänge in der Richtung, dass sie sich der zwangsweisen Temperaturerhöhung widersetzen, dass also die Vorgänge, welche unter Abkühlung verlaufen, eintreten.

Definieren wir die Gleichgewichtskonstante K einer Reaktion als das Produkt der aktiven Mengen der dabei entstehenden Stoffe, dividiert durch das Produkt der aktiven Mengen der dabei verschwindenden Stoffe, rechnen wir die dabei absorbierte Wärmemenge q (die event. noch eine Temperaturfunktion sein

kann), positiv, so gilt nach van't Hoff[1]) die Gleichung

$$\text{I)} \quad \frac{d \ln K}{d T} = \frac{q}{2 T^2}.$$

Da also in hohen Temperaturen die Gleichgewichtskonstante K sich zu Gunsten der Beständigkeit der wärmeaufnehmenden Systeme verschiebt, so werden wir bei extrem hohen Temperaturen das freiwillige Auftreten endothermer Stoffe erwarten dürfen.

So sind das Ozon, das Acetylen, das Cyan endotherme Stoffe und thatsächlich bilden sich diese Stoffe auch besonders leicht in sehr hohen Temperaturen, wie z. B. auch im elektrischen Flammenbogen und das Cyan im Hochofen.

Es ist also, wie Ostwald[2]) hervorgehoben hat, durchaus nicht gerechtfertigt, anzunehmen, dass in den extrem hohen Temperaturen der Fixsterne alle Verbindungen in ihre Elemente zerfallen sind, es werden vielmehr dort in jenen unbekannten Welten gerade diejenigen Verbindungen sich gebildet haben und beständig sein, welche unter Wärmeverbrauch entstehen.

Viktor Meyers kühner Plan,[3]) die einatomigen Dämpfe der Elemente durch extrem hohe Temperaturen noch weiter in die Bruchteile von Atomen zu spalten, wäre also nur dann zu verwirklichen, wenn die Atome unter starker Wärmeabsorption in ihre Bestandteile zerfallen. Wir können ganz allgemein sagen, dass nur diejenigen Stoffe in höherer Temperatur höhere Dissoziation zeigen werden, welche bei ihrem Zerfall Wärme verschlucken. Für solche Fälle hat sich bei mittleren Temperaturen die thermodynamische Formel quantitativ bewährt, z. B. an den komplexen Molekeln der Essigsäure, Ameisensäure und von Stickstoffdioxyd und am Zerfall des Phosphorpentachlorid, wie Gibbs, Guldberg, van't Hoff, Boltzmann u. a. gezeigt haben.

Freilich liegen für hohe Temperaturen zum Vergleich nur wenig genaue thermochemische Daten vor, umgekehrt aber hat Boltzmann schon aus der Dichteänderung des Joddampfes zwischen den Temperaturen 600° bis 1500° die Dissoziationswärme des zweiatomigen Jodmoleküls in einatomigen Joddampf annähernd berechnet.

Auch bei anderen Elementen hat man eine solche Spaltung des mehratomigen Moleküls mit steigender Temperatur durch Messung der Dampfdichte[1]) bei verschiedener sehr hoher Temperatur gefunden.

Auch das zweiatomige Brommolekül zeigt oberhalb 1200° einen Zerfall in Atome. Ferner vermindert der Schwefel sein Atomgewicht von S_7 bei 468° bis zur Weissglut bei 1719° bis auf S_2, Phosphor von P_4 auf P_3, Arsen von As_4 auf As_2. Dagegen bleiben andere Elemente, wie Sauerstoff, Stickstoff, Wasserstoff, Chlor und Thallium, bis in die Weissglut hinein konstant zweiatomig, Quecksilberdampf, Zink, Cadmium und wahrscheinlich auch Natrium und Kalium einatomig. Auch für eine Reihe von Verbindungen[2]) wie Jodkalium, Chlorcaesium, Chlorsilber, Chlorthallium, Chlorblei, Indiumchloride, Germaniumchlorid, Uranchlorid u. a. wurde bei Rot- und Weissglut die Dampfdichte bestimmt und normales Molekulargewicht gefunden, dagegen erwies sich Kupferchlorür als bimolekular.

Auch bei Verbindungen ist der Zerfall der Molekularkomplexe in einfachere bis in hohe Weissglut verfolgt worden. So ist z. B. nach Biltz[3]) das Arsentrioxyd bei Rotglut bimolekular, bei Weissglut aber monomolekular. Zerfällt eine Verbindung in ihre Komponenten, so haben wir die Fälle thermischer Dissoziation vor uns, wie sie namentlich beim Amylenbromhydrat, dem Schwefelsäurehydrat, dem Salmiakdampf, dem Jodphosphonium in den klassischen Untersuchungen von Deville und Troost, Bineau, Than und Pebal, Würtz, Cahours u. a. vorliegen.[4]) Auch hier zerfallen exotherme Verbindungen mit steigender Temperatur immer mehr, endotherme aber bilden sich und werden beständiger.

So zerfällt das Wasser bei extrem hohen Temperaturen nach Deville und Troost in Knallgas. Wegen der hierbei unvollständigen Verbrennung erreicht auch die Knallgasflamme nicht den theoretischen aus der Verbrennungswärme berechneten Wert 7850°, sondern ist nur etwa 2700° heiss. Ebenso zerfällt bei Weissglut das exotherme Kohlendioxyd in Kohlenmonoxyd und Sauerstoff[1]), das Schwefeldioxyd in Trioxyd und Schwefel, die Salzsäure in Wasserstoff und Chlor, wie Deville und Troost mit ihrem heisskalten Röhrenofen nachwiesen. Die Verschiebung des chemischen Gleichgewichtes dissoziierbarer Stoffe bei hohen Temperaturen ist auch quantitativ, namentlich von Bodenstein[5]) in einer

1) van't Hoff, Gesetze des chemischen Gleichgewichts, Ostwalds Klassiker 110; Vorlesungen I, 136, 149, 157; Nernst, Theoret. Chemie (2. Aufl.), S. 590—604, 402.

2) Ostwald, Grundr. d. allgem. Chemie (3. Aufl.), S. 343.

3) V. Meyer, Probleme der Atomistik; Naturforscherversammlung, Lübeck 1895.

1) Ostwald, Lehrb. d. allgem. Chemie (2. Aufl.) I, 180—190.

2) Windisch, Die Bestimmung des Molekulargewichts, S. 252—369, Berlin 1892.

3) Biltz, Zeitschr. f. physik. Chemie **19**, 385, 1896.

4) Nernst, Theor. Chemie (2. Aufl.), S. 416.

5) Bodenstein, Zeitschr. f. physik. Chemie **29**, 295, 429, 1899.

ausgedehnten Untersuchung am Jodwasserstoff und Selenwasserstoff bis etwa 520° mit Erfolg untersucht worden. Besonders wichtig ist für die industrielle Feuerungstechnik mit Wassergas das Gleichgewicht zwischen Kohle und Wasserdampf unter Bildung von Kohlenoxyd, Kohlensäure und Wasserstoff. Bei Temperaturen über 1000° wiegt die Stufe der Kohlenoxydbildung bei niederer die der Kohlensäurebildung [1]) vor. In neuerer Zeit hat Boudouard [2]) gezeigt, wie sich im Sinne der Thermodynamik der exotherme Zerfall des Kohlenoxyds in Kohle und Kohlendioxyd mit steigender Temperatur zwischen 500° und 1000° vermindert.

Eine interessante Erscheinung bei hohen Temperaturen ist das Lösungsvermögen der Metalle für Gase. Das Spratzen des erstarrenden Silbers unter Sauerstoffabgabe ist allbekannt, ebenso die Sauerstoffabsorption durch glühendes Platin und seine Durchlässigkeit für gewisse Gase, besonders für Wasserstoff. Die Löslichkeit des Kohlenstoffes im Eisen bei hohen Temperaturen ist für die Metallurgie äusserst wichtig, sie wurde beiläufig von Moissan dazu benutzt, um durch Auskrystallisieren von Kohlenstoff unter hohem Druck künstlich Diamant herzustellen. Die chemische Gleichgewichtslehre hat sich bereits der Metallurgie des Eisens und des Stahles bemächtigt. So sprachen van't Hoff und Le Chatelier [3]) den Gedanken aus, dass die Legierungen von Eisen und Kohle zum Teil als feste Lösungen aufgefasst werden müssen und dass auch hier allotrope Umwandlungen und Überkaltungen metastabiler Verbindungen stattfinden, wie schon die den Metallurgen wohlbekannte Erscheinung der Selbsterhitzung eines frisch geglühten Stahlbarrens beweist. Hier haben bereits Le Chatelier und Roozeboom begonnen, auf das von Roberts-Austen, Osmond, Guillaume und anderen gesammelte experimentelle Material über Kohlenstahl, Nickelstahl und andere Legierungen die Phasenregel auch bei hohen Temperaturen anzuwenden. An die Kohlenstoffverbindungen des Eisens sei hier noch die stattliche Reihe der Karbide und Silicide angeschlossen, deren ausführliche Untersuchung und Herstellung im elektrischen Ofen wir Moissan [4]) verdanken. Technisch wichtig ist die bekannte Darstellung von Calciumkarbid und Carborundum. Auch die Bildung der Metallnitride bei hoher Temperatur sei hier erwähnt, zumal diese Bildungsweise von Lithiumnitrid und Magnesiumnitrid von Ramsay [1]) zur Absorption des Stickstoffs aus Argongemischen benutzt und die Anwendung solcher Nitride, wie die des Bors, ausserdem gelegentlich zur Gewinnung von Ammoniak aus atmosphärischem Stickstoff vorgeschlagen wurde.

Eine besonders wichtige Ausdehnung auf hohe Temperaturen steht der chemischen Gleichgewichtslehre, sowohl der Theorie der Lösungen wie der Phasenregel nach van Bemmelen [2]) noch in der Geologie und Mineralsynthese bevor. Wenn wir bedenken, dass man bereits synthetisch und in bestimmten Reihenfolgen aus Silikatschmelzen Olivine, Pyroxene, Feldspate, Glimmer und Spinelle erhalten hat [3]), so liegt der Wunsch nahe, hier nicht nur die präparativen Methoden, sondern auch die Lehre vom chemischen Gleichgewicht bei hohen Temperaturen auf das Magma der Gesteine und die Silikatschmelzen anzuwenden, etwa so wie zur Zeit van't Hoff [4]) ein anderes geologisches System, den Ozean und seine Bodenkörper, die Stassfurter Salze, mit Erfolg untersucht. Besonders interessant wird hier auch die Frage nach dem Zustande der Stoffe in der Schmelzlösung sein und nach den eventuellen Ionen, welche sie darin bilden. [5])

Erst vor kurzem ist es Gordon [6]) gelungen, Konzentrationsketten von Silbernitrat in einer Kaliumnatriumnitratschmelze zu messen und Lorenz [7]) und seine Schüler haben die freie Bildungsenergie geschmolzener Salze in galvanischen Ketten bis zu 1100°, Poincaré [8]) Graetz, Schultze u. a. deren elektrische Leitfähigkeit gemessen. Bekanntlich werden bei hohen Temperaturen sehr viele Stoffe, welche wie das Glas in der Kälte nahezu Nichtleiter sind, zu gut leitenden Elektrolyten. So besteht z. B. auch der Glühkörper der Nernstlampen aus einem Ge-

1) Ost, l. c., S. 23.
2) Boudouard, Compt. rend. **130**, 132, 1900.
3) van't Hoff, Zeitschr. f. physik. Chemie **5**, 326, 1890; Bakhuis-Roozeboom, ibid. **34**, 438, 1900; Derselbe, Bedeutung der Phasenregel, S. 25.
4) Moissan, Der elektrische Ofen (deutsch von Zettel) mit Nachträgen; Haber, Grundriss d. techn. Elektrochemie, S. 379; Borchers, Zeitschr. f. Elektrochemie **3**, 189, 213, 239, 260, 533; Nernst, ibid. **7**, 253, 1900.

1) Ostwald, Grundlinien der anorgan. Chem., 440—441; Erdmann, Lehrbuch der anorganischen Chemie (1. Aufl.), S. 161, 233.
2) Bakhuis-Roozeboom, Bedeutung der Phasenregel, S. 27.
3) Brauns, Chemische Mineralogie, S. 238 u. f., besonders S. 244.
4) van't Hoff und Meyerhoffer, Zeitschr. f. physik. Chemie **27**, 75, 1898; **30**, 64, 1899.
5) Nernst, Zeitschrift für Elektrochemie **6**, 41, 1899; Garrard, ibid. **6**, 214.
6) Gordon, Zeitschr. f. physik. Chem. **28**, 302, 1899.
7) Lorenz, Zeitschr. f. Elektrochemie **7**, 277, 1900; Zeitschr. für anorgan. Chemie **23**, 97, 1900; Helfenstein, ibid. **23**, 255, 1900; Weber, ibid. **21**, 305, 1899.
8) Ostwald, Lehrbuch der allgemeinen Chemie **II**. (1) (2. Aufl.), 710—718; Schultze, Zeitschr. f. anorgan. Chem. **20**, 333, 1899.

menge gewisser Erden, welche, durch den elektrischen Strom auf Weissglut gebracht, zu Leitern zweiter Klasse werden.[1]) Besonders von Lorenz wurde auf die ungeheuer schnelle Depolarisation der feuerflüssigen Elektrolyse durch Diffusion hingewiesen. Auch die Gase werden bei sehr hohen Temperaturen zu Leitern und die schönen Arbeiten von Thomson, Arrhenius und anderen wollen auch bei den glühenden Gasen der Flammen und den elektrischen Entladungen eine Leitung durch Ionen beweisen.[2])

Ebenso ist das Verhalten der Leiter erster Klasse in extrem hohen Temperaturen ein interessantes Problem. Bekanntlich wächst bei den Metallen der elektrische Widerstand mit der Temperatur. Es muss folglich ein allerdings extrem hohes Temperaturgebiet geben, wo die Metalle die Eigenschaften der Dielektrika annehmen. Dem gasförmigen Zustand am nächsten ist von allen Metallen das Quecksilber, dessen Dampf bekanntlich ein Dielektrikum ist. Es wäre interessant, in welcher Weise sich die Leitfähigkeit des Quecksilbers in der Nähe seiner kritischen Temperatur ändert, wo man stetig aus dem metallisch leitenden flüssigen Zustande in den dielektrischen gasförmigen Zustand übergehen kann.[3]) Ferner zeigen gewisse Färbungen von Gläsern (Rubinglas) und Schmelzflüssen, dass die Metalle bei hohen Temperaturen leicht den colloidalen Zustand annehmen.[4])

Schliesslich wollen wir noch einen kurzen Blick auf die organische Chemie der hohen Temperaturen werfen, auf die Umlagerungen, Platzwechsel und Polymerisationen, auf die Racemisierung optisch aktiver Substanzen[5]) beim Erhitzen, auf die Polymerisationen ungesättigter Kohlenwasserstoffe, auf die Bildung von Diphenyl aus Benzol, von Benzol, Styrol aus Acetylen in glühenden Röhren, auf die Petroleumbildung aus Acetylen oder tierischen Fetten nach Moissan oder Engler,[6]) sowie auf die gesamte Chemie der trockenen Destillation.[7])

Bisher haben wir uns nur mit der Frage beschäftigt, was geschieht bei extrem hohen Temperaturen? Wir wenden uns nun zu der Frage, wie verschiebt sich die Geschwindigkeitskonstante k der chemischen Vorgänge mit der Temperatur? Auch hier hat van't Hoff) das Fundamentalgesetz II entwickelt und zwar so, dass es auch dem Grenzfall des Gleichgewichtes genügt. Ist T die absolute Temperatur, so ist nach van't Hoff allgemein:

$$\frac{d \ln k}{d T} = \frac{A}{T^2} + \frac{B}{T} + C, \qquad \text{II)}$$

wo A, B und C Konstanten sind. Häufig erwiesen sich z. B. in Versuchen von Arrhenius die Konstanten B und C gleich Null. van't Hoffs Temperaturfunktion der Geschwindigkeit ist namentlich in den schönen Versuchen von Kooy und Bodenstein[2]) über Phosphorwasserstoff und Jodwasserstoff zwischen 300° und 500° quantitativ bestätigt worden. Alle diese Versuche sind bei konstanter Temperatur gemacht. Wie gestaltet sich aber die Geschwindigkeit, wenn man die entwickelte Reaktionswärme nicht mit unendlich grosser Geschwindigkeit ableitet und daher die Temperatur nicht konstant halten kann? Diese Aufgabe führte van't Hoff[3]) zum Problem der Entzündungs- und Explosionserscheinungen. Sobald nämlich die durch das System pro Zeiteinheit entwickelte Wärmemenge grösser wird als die in derselben Zeit durch Leitung und Strahlung an die Umgebung abgeleitete Wärme, so muss sich die Reaktionsgeschwindigkeit immer mehr steigern und es kann so schliesslich Explosion und Entzündung eintreten. Man sieht, welch fundamentale Wichtigkeit diese Betrachtungen für eine theoretische Behandlung der Flammen- und Sprengstoffchemie besitzen. Freilich liegen hierfür nur erste rechnerische und experimentelle Ansätze von Bunsen, Le Chatelier, Hoitsema, Berthelot und Vieille und Dixon vor. Am einfachsten würde sich hier noch die Fundamentalaufgabe einer adiabatischen Reaktionsgeschwindigkeit gestalten.

Wir wenden uns jetzt zum Gebiete der tiefen Temperaturen. Schon im Jahre 1784 stellte Lavoisier Betrachtungen über die Verflüssigung der Atmosphäre bei Erkaltung der Erde an. Heute nach einem Säkulum ist es Männern wie Cailletet, Pictet, Linde, Hampson, Wroblewski, Olszewski und Dewar gelungen, die Luft und alle bisher als permanent geltenden Gase oft sogar in grossen Mengen und zu technischen Zwecken zu ver-

1) Nernst und Wilde, Zeitschr. für Elektrochemie **7**, 373, 1900; Nernst, ibid. **6**, 41, 1899.

2) J. J. Thomson, Die Entladung der Elektrizität durch Gase (deutsch von H. Ebert) Leipzig 1900; Vgl. auch Naturw. Rundschau, 1897—1900, J. J. Thomson, Rutherford, Wilson; Arrhenius, Wied. Ann. **42**, 18, 1891; Marx, Ann. d. Physik **2**, 768, 798, 1900.

3) Eine Untersuchung in dieser Richtung ist vom Verf. geplant.

4) Förster, Zeitschr. f. Elektrochem. **4**, 547; Lorenz, ibid. **7**, 280.

5) van't Hoff, Lagerung der Atome im Raume (2. Aufl.), S. 31.

6) Holleman, Lehrb. der organ. Chemie S. 145, 299, 384, 47.

7) Ost, l. c., S. 252 u. f.; F. Haber, Experimentaluntersuch. über Zersetz. und Verbrenng. von Kohlenwasserstoff, Karlsruhe 1896. Ipatiew, Ber. d. d. chem. Ges **34**, 596, 1901.

1) van't Hoff, Vorlesungen **I**, 230.

2) Kooy, Zeitschr. f. physik. Chemie **12**, 155, 1893; Bodenstein, ibid. **29**, 295, 1899.

3) van't Hoff, Vorlesungen **I**, 231, 240.

flüssigen.[1]) Freilich war hierzu eine Kette wissenschaftlicher und technischer Entwickelung, vor allem die Entwickelung der Begriffe der kritischen Temperatur und des kritischen Druckes durch Faraday, Andrews und andere nötig. Es ist hier nicht der Ort, die Verflüssigung jedes einzelnen Gases zu beschreiben, erwähnt sei allenfalls, dass gerade durch fraktionierte Destillation der flüssigen Luft die neuen Elemente Neon, Krypton und Xenon von Ramsay[2]) erhalten worden sind, und man den Sauerstoff der Luft konzentrieren kann.[3]) Nur einige Siedepunkte seien in Celsiusgraden[4]) angegeben.

Schwefeldioxyd -8^0, Cyan -21^0, Ammoniak $-33^0 7$, Chlorwasserstoff -35^0, Chlor $-36^0 6$, Arsenwasserstoff -55^0, Schwefelwasserstoff -62^0, Kohlendioxyd -78^0, Phosphorwasserstoff -85^0, Stickoxydul -88^0, Äthylen $-102^0 5$, Xenon $-109^0 1$, Ozon -125^0, Krypton $-151^0 7$, Stickoxyd -154^0, Methan -164^0, Sauerstoff $-182^0 5$, Fluor -187^0, Argon $-186^0 1$, Kohlenoxyd -190^0, Stickstoff $-194^0 5$, Wasserstoff -252^0. Helium, das letzte der permanenten Gase, siedet nach Dewar nahe beim Siedepunkte des Wasserstoffes.[5]) Dewar hat den Wasserstoff nicht nur verflüssigt, sondern auch zu einer weissen Masse erstarren lassen, die übrigens wider Erwarten nicht metallisch ist. Diese Temperatur, die durch unter vermindertem Drucke siedenden Wasserstoff erreicht wurde, liegt bei -257^0, also nur noch 16^0 über dem absoluten Nullpunkt.

Auch Helium ist in neuester Zeit von Dewar durch Abkühlung in festem Wasserstoff zum Erstarren gebracht worden.[5]) Von anderen Schmelzpunkten seien in Celsiusgraden genannt[6]): Cyan $-34^0 4$, Quecksilber $-38^0 80$, Ammoniak $-78^0 8$, Chloroform -71^0, Schwefeldioxyd -76^0, Schwefelwasserstoff -85^0, Toluol $-102^0 0$, Chlor -102^0, Methylformiat $-107^0 5$, Schwefelkohlenstoff $-112^0 8$, Chlorwasserstoff -116^0, Äthyläther $-117^0 6$, Stickoxydul -115^0, Arsenwasserstoff -119^0, Bromäthyl $-125^0 5$, Äthylalkohol -130^0, Phosphorwasserstoff -133^0, Stickoxyd -167^0, Äthylen -169^0, Methan -185^0, Argon $-189^0 6$, Kohlenmonoxyd -207^0, Stickstoff -214^0.

1) Hardin, l. c.; Travers, Phil. Mag. (6) **1**, 411, 1901.

2) Ramsay und Travers, Zeitschr. f. physik. Chemie **35**, 634, 1900.

3) Linde, Zeitschr. f. Elektrochem. **4**, 2, 1897; Winkelmanns Handb. d. Physik **II**, 2, 466—470.

4) Ramsay und Travers, l. c.; Hardin, l. c., S. 168; Guillaume et Poincaré, Rapports prés. au Congrès internat. de Physique, Paris 1900, Chappuis, **I**, 146—147.

5) Hardin, l. c., S. 166, 115, 116; Dewar, Chemisch. Centralblatt **1898, II**, 83, 259; **1899**, **I**, 819, 820, 916, **II**, 747.

6) Holborn und Wien, Wied. Ann. **59**, 226, 1896; Hardin, l. c., S. 168; Chappuis, l. c.; Holleman, Lehrbuch der anorgan. Chemie; Altschul und v. Schneider, Zeitschr. f. physikal. Chemie, **16**, 24, 1895; v. Schneider, ibid. **19**, 155, 1896; **22**, 225, 1897; Ladenburg und Krügel, Ber. d. d. chem. Ges. **32**, 1818, 1899; **33**, 637, 1900.

Manche Stoffe vergrössern mit sinkender Temperatur ihre innere Reibung derartig, dass sie glasartig amorph oder gallertförmig werden.[1]) Auch die elektrische Leitfähigkeit von 24% Salzsäure[2]) nimmt nach Dorn von 0^0 bis -82^0 auf den 35. Teil ab. Dagegen nimmt nach Abegg und Seitz die Dielektrizitätskonstante[1]) der Alkohole bis -100^0 stark zu.

Aus der van't Hoffschen Formel I für das Gleichgewicht ergiebt sich, dass bei tiefen Temperaturen das Gleichgewicht zu Gunsten der exothermen Stoffe und Systeme verschoben ist. Endotherme Stoffe, wie das Ozon, werden also mit sinkender Temperatur immer instabiler. Man kann hier den Einwand machen, warum wir dann gerade bei tiefen Temperaturen das Ozon so reichlich sogar als tiefblaue Flüssigkeit erhalten können. Aber die bekannte grosse Explodierbarkeit[3]) des Ozons bei tiefen Temperaturen giebt uns sofort die Antwort. Das flüssige Ozon ist eben bei tiefen Temperaturen gar nicht im Gleichgewicht, sondern nach einem ganz allgemeinen Rezepte zur Darstellung sich sonst schnell zersetzender instabiler Stoffe nur in einem gleichsam abgeschreckten, überraschten, instabilen Zustande. Wir haben eben das Ozon nur von höherer Temperatur mit grosser Zersetzungsgeschwindigkeit schnell auf tiefe Temperatur mit einer nach Gleichung II sehr klein werdenden Geschwindigkeit gebracht, so dass es gar keine Zeit fand, sich in den der Kälte entsprechenden exothermen Gleichgewichtszustand zu begeben, d. h. sich zu zersetzen, was aber in der That doch sofort unter heftiger Wärmeentwickelung und Explosion geschieht, sobald ein die Reaktionsgeschwindigkeit beschleunigender Umstand, Zusatz eines Katalysators oder eine lokale Erhitzung, eintritt.

Aus der van't Hoffschen Temperaturfunktion II der Geschwindigkeit ist ersichtlich, dass Reaktionen, die bei Zimmertemperatur noch recht lebhaft verlaufen, bei sehr tiefen Temperaturen nur so langsam gehen können, dass sie überhaupt kaum[4]) merklich sind. So wirken flüssiges Ammoniak und konzentrierte Schwefelsäure bei tiefen Temperaturen kaum merklich aufeinander ein und reagiert nach Pictet metallisches Natrium bei -80^0 nicht

1) Hardin, l. c., S. 128, 162; Abegg und Seitz, Zeitschrift f. physik. Chemie **29**, 244, 1899; v. Schneider, ibid. **22**, 233, 1897.

2) Dorn, Wied. Ann. **60**, 468, 1897; van't Hoff, Vorlesungen **I**, 178; Naturwiss. Rundschau **13**, 652, 1898.

3) Hardin, l. c., S. 117; Ostwald, Grundlinien der anorgan. Chemie, S. 83.

4) van't Hoff, Vorlesungen I, S. 232.

mehr erheblich auf 15% Salzsäure. Indessen hat hier Dorn gezeigt, dass aus der Wirkung von Natrium auf Salzsäure bei -80^0 in einer galvanischen Kette noch ein sehr erheblicher Arbeitsbetrag gewinnbar ist, die Einwirkung des Natriums auf Salzsäure ist also auch bei -80^0 nach dem Energieprinzip[1]) wegen ihrer Arbeitsfähigkeit noch möglich und geschieht nur wegen der tiefen Temperatur mit sehr geringer, fast unmerklicher Geschwindigkeit.

Knallgas bildet schon bei Zimmertemperatur, im Gegensatz zu höheren Temperaturen, einen ebensolchen Fall von scheinbarem Gleichgewicht, das in Wahrheit kein Gleichgewicht ist, wie schon die arbeitliefernde Gaskette[2]) und die katalytische Platinwirkung[3]) beweist. Das Fluor, das sonst Glas heftig angreift, wirkt bei tiefen Temperaturen von etwa -190^0 nur so äusserst langsam auf dasselbe ein, dass das Fluor in dieser Kälte von Moissan und Dewar in Glasgefässen verflüssigt[4]) werden konnte. Indessen giebt es auch Reaktionen, die selbst bei tiefen Temperaturen sehr schnell verlaufen, wie z. B. zwischen Fluor und Wasserstoff[5]). Auch photographische Platten sind bei -180^0 noch lichtempfindlich.

Fassen wir nun kurz die charakteristischen Unterschiede der extrem hohen und der extrem niedrigen Temperaturen zusammen, so ergiebt sich für den Chemiker folgender Gesichtspunkt:

Bei hohen Temperaturen Vorwiegen der endothermen, bei tiefen Temperaturen Vorwiegen der exothermen und Instabilität vieler endothermen Systeme. Die Reaktionsgeschwindigkeiten erleiden mit sinkender Temperatur eine sehr grosse Verzögerung, die relativ um so grösser ist, je tiefer die Temperatur liegt, weshalb bei tiefen Temperaturen gerade viele instabile Verbindungen und Systeme scheinbar beständig sind.

Zum Schlusse sei noch die Frage beantwortet, wie sich denn die Organismen zu dem beständigen Sinken der Temperatur auf Erden stellen werden: Ein französischer Forscher, Quinton,[1]) hat gezeigt, dass in den früheren heisseren Perioden der Erde diejenigen Tierarten vorherrschten, welche wenig oder gar keine Wärme entwickelten, während mit zunehmender Abkühlung der Erde die Tierarten mit stärkerer positiver Wärmeentwickelung in den Vordergrund treten. Hier besitzen wir also auch in den Evolutionserscheinungen der Lebewesen meines Erachtens ein Analogon zu der thermodynamischen exothermen Gleichgewichtsverschiebung chemischer Vorgänge mit sinkender Temperatur. Die Maxwellschen Dämonen zur Vernichtung des zweiten Hauptsatzes[2]) sind also trotz des Neovitalismus in den Lebewesen wohl nicht vorhanden.

Ferner haben Abkühlungsversuche von gewissen Organismen und Fermenten auf die Temperatur der flüssigen Luft gezeigt, dass dieselben selbst bei ungefähr -200^0 ihre Lebensfähigkeit und Wirksamkeit nicht gänzlich einbüssen. So soll es also nach Lord Kelvin[3]) wohl möglich sein, dass trotz der tiefen Temperatur des Weltraumes die ersten Keime organischen Lebens aus fernen Welten durch die Meteorkörper zu uns getragen worden sind.

1) Dorn, Wied. Ann. **60**, 468, 1897; van't Hoff, Vorlesungen **I**, 178; Naturw. Rundschau **13**, 652, 1898.
2) Vgl. Ostwalds Klassiker No. 110, S. 98—102
3) Ostwald, Grundlin. d. anorgan. Chem., S. 108—110.
4) Hardin, l. c., S. 160.
5) Hardin, l. c., S. 179.

1) Zeitschr. f. physikal. Chemie **20**, 470, 1896 (Ref.).
2) Maxwell, Theorie der Wärme (deutsch v. Neesen), S. 374.
3) Hardin, l. c., S. 176; Oppenheimer, Die Fermente, Leipzig 1900, S. 39, 257.

(Eingegangen 20. März 1901.)

REFERATE.

Elektrotechnik.

Besorgt von Prof. Dr. **Th. Des Coudres.**

Kabel-Telegraphie und -Telephonie, System Pupin.

Bald nach Legung des ersten transatlantischen Kabels vor etwa 50 Jahren machte Sir William Thomson darauf aufmerksam, dass es wegen der grossen Kapazität eines Kabels eine gewisse Schnelligkeitsgrenze in der Übermittelung telegraphischer Zeichen geben würde.

Diese Prophezeiung hat sich erfüllt, denn trotz aller Fortschritte und Verbesserungen auf dem Gebiete der Landtelegraphie war es bis vor kurzem noch nicht möglich, durch ein transatlantisches Kabel mehr als fünf Stromimpulse innerhalb einer Sekunde zu senden.

Noch grösser sind die Schwierigkeiten, welche sich einer Kabeltelephonie auf grössere Entfernungen bisher entgegenstellten.

Bei dem Sprechen durch längere Kabel macht sich nämlich der Übelstand geltend, dass die Klangfarbe in bedeutend höherem Grade

verzerrt wird, als beim Sprechen auf einer offenen Luftlinie.

Bei der Fortpflanzung von elektrischen Wellen in Kabelleitungen werden jene sowohl bezügl. ihrer Amplitude als auch ihrer Phase beeinflusst. Diese Änderung hängt von der Höhe des zu übertragenden Tones ab.

Also abgesehen davon, dass die einzelnen einfach harmonischen Wellen eines Lautes der menschlichen Sprache bei der Durchwanderung eines Telephonkabels in verschiedener Weise geschwächt werden, insofern die Schwächung mit der Schwingungszahl zunimmt, macht sich auch der Einfluss der Phasenverschiebung in der Weise geltend, dass die Begrenzung unmittelbar aufeinander folgender Laute dadurch verwischt wird, dass die höheren Partialtöne des neuen Klanges mit den langsam wirkenden tiefen des vorhergehenden Klanges zusammentreffen.

Diese Verzögerung und Verzerrung der menschlichen Sprache machte bisher eine Kabeltelephonie auf sehr grosse Entfernungen unmöglich.

Nach zahlreichen von Prof. M. J. Pupin im elektrotechnischen Laboratorium der Columbia-Universität angestellten Versuchen soll es nun möglich sein, bei einer besonderen Anordnung der Leitung einen grösseren Nutzeffekt bei der Übertragung elektrischer Energie zu erzielen als bisher und damit die grösste Schwierigkeit zu überwinden, die bisher der Kabelschnelltelegraphie und der Kabeltelephonie entgegenstanden.

Bei seinen Experimenten benutzt Pupin einen nach seiner Methode hergestellten, sogenannten „ungleichförmigen" Leiter.

Da bekanntlich bei der Übertragung einer bestimmten Energiemenge über eine Leitung die Zerstreuung der Wellenenergie durch Vergrösserung der Selbstinduktion vermindert wird, so hatte bereits früher der englische Physiker Oliver Heaviside den Vorschlag gemacht, durch Einschaltung von Selbstinduktionsspulen die Wirkungsweise zu verbessern.

Allein die Planlosigkeit der früheren Versuche führte zu keinem günstigen Resultate.

Prof. Pupin hat nun an der Hand mathematischer Betrachtungen dargethan, dass die störenden Wirkungen der Kapazität eines Kabels durch in gewissen gleichmässigen Abständen in den Leitungsweg eingeschaltete, geeignet konstruierte Selbstinduktionsspulen grösstenteils kompensiert werden können. Je weiter die Unterteilung der Selbstinduktion getrieben wird, um so höher wird der Nutzeffekt; bald gelangt man jedoch zu einem Punkt, wo eine weitere Unterteilung praktisch keinen Vorteil mehr bringt.

Sind die übertragenen Wellen komplizierter Natur, wie z. B. bei der menschlichen Sprache, so genügt es, die günstigsten Bedingungen für die kürzesten Wellen herzustellen, die Bedingungen für die tieferen Töne sind dann von selbst erfüllt.

In dem zu der Patentbeschreibung gewählten Beispiel wird die kürzeste Wellenlänge zu zwei engl. Meilen angenommen.

Nach Pupins Berechnungen sind die Bedingungen am annäherndsten dann erfüllt, wenn die Selbstinduktionsspulen in Entfernungen, die etwa einem Sechzehntel der kürzesten bei der Übertragung in Betracht kommenden Wellenlänge entsprechen, in die Leitung eingeschaltet werden. Unter der obigen Annahme kämen daher acht kleine Selbstinduktionsspulen Pupinscher Konstruktion (ca. 0,125 Ω) auf eine englische Meile.

Die mit einem künstlichen Kabel, entsprechend 250 engl. Meilen natürlichen Kabels, angestellten Versuche bestätigten die Richtigkeit der Pupinschen Theorie. Bei demselben waren die Selbstinduktionsspulen in einer Meile entsprechenden Entfernungen verteilt.

Während der Kurzschliessung der Pupinschen Spulen nur der $\frac{1}{250000}$ Teil der von der Sendestation abgegebenen Energie übertragen wurde, erreichten im Falle der Einschaltung der Spulen ca. $2\frac{1}{2}\%$ das Empfangsende des Kabels.

Das „ungleichförmige" Kabel gestattete also mehr als 6000 mal so viel Strom zu übertragen, als das gleichförmige.

Ein ähnlicher Unterschied zeigte sich bei der telephonischen Übertragung. Hier kommt noch in Betracht, dass infolge der höheren Selbstinduktion für alle verschiedenartigen Frequenzen eine nahezu gleichmässige Dämpfung herbeigeführt wird, so dass die Gesprächsübertragung bedeutend weniger unter einer Verzerrung zu leiden hat.

Während bei dem gleichförmigen Kabel eine Verständigung auf 112 englische Meilen unmöglich war, war die Übertragung auf 250 Meilen des ungleichförmigen Leiters geradezu überraschend deutlich. Die Stimme behielt ihre Klangfarbe und klang wie aus unmittelbarer Nähe.

Wenn die Ergebnisse der mit dem neuen von der American Telephone and Telegraph Company gegen eine enorme Abfindungssumme übernommenen System angestellten Versuche in der Praxis sich bestätigen, so scheint die Zeit transkontinentaler Telephonie nicht mehr fern.

Aber auch der Kabeltelegraphie dürfte die Pupinsche Methode grosse Vorteile gewähren.

E. Ruhmer.

(Eingegangen 9. März 1901.)

W. Duddell, Über schnelle Stromveränderungen in einem Gleichstrom-Flammenbogen. The Electrician **46**, 269—273 und 310—313 (14. u. 21. Dezember 1900).

(Schluss.)

II. Stromveränderungen, veranlasst durch Vorgänge im Flammenbogen selbst.

1. Das Summen.

Trotter[1]) fand, dass der summende Gleichstrom-Flammenbogen rotiert und dass dadurch Stromintensitäts-Schwankungen hervorgerufen werden, deren Frequenz mit der Tonhöhe des Summens und mit der Umdrehungszahl des Flammenbogens übereinstimmt.

Duddell untersuchte die Abhängigkeit zwischen der Veränderung der Lichtintensität, Potentialdifferenz und Stromstärke mittelst Oszillographen, indem er die Spiegel desselben durch das von dem positiven Krater einer summenden Bogenlampe ausgehende Licht beleuchtete. Die Helligkeit der erhaltenen Kurven entspricht also der Lichtintensität,[2]) der Abstand der Kurven von der Nulllinie dem jeweiligen Wert der Potentialdifferenz oder Stromstärke.

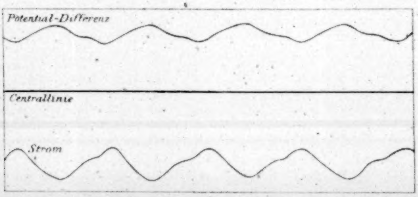


Fig. 5.

Ein typisches Beispiel zeigt Fig. 5, woraus hervorgeht, dass sich Potential-Differenz, Lichtintensität und Stromstärke streng periodisch mit der der Tonhöhe des summenden Flammenbogens entsprechenden Frequenz verändern.

2. Das Zischen.

Beim zischenden Gleichstrom-Flammenbogen variiert die Stromstärke und die Potentialdifferenz äusserst rasch, Blondel[3]) und Brown[4]) haben auch gefunden, dass die Lichtintensität schwankt.

Wenn man die Stromstärke eines summenden Flammenbogens so weit erhöht, dass er zischt, werden die periodischen Schwankungen

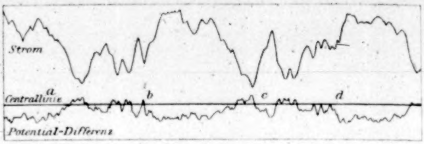


Fig. 6.

sehr unregelmässig, wie aus Fig. 6 und 7 zu ersehen ist.

Duddell denkt sich die unregelmässigen Schwankungen zerlegt in eine langsame verlaufende mit grosser Amplitude und eine superponierte rasch verlaufende. Das ausgesandte Licht ist abwechselnd hell, mit raschen Schwankungen (*a* . . . *b*, Fig. 6), und dunkel, fast ohne Schwankungen (*b* . . . *c*). Während die schnellen Veränderungen der Potentialdifferenz und der Stromstärke mit dem schnellen Wechsel des vom

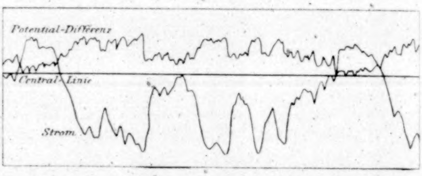


Fig. 7.

positiven Krater ausgestrahlten Lichtes zusammenfallen, rühren die langsam verlaufenden Schwankungen von der Rotation des zischenden Flammenbogens her.

Lichtmaximum und Minimum der Potentialdifferenz treten fast gleichzeitig ein, während das Strommaximum dem Lichtmaximum nacheilt. Bei den in Teil I betrachteten Fällen, wo die Stromoszillationen durch Änderungen im Stromkreise hervorgerufen werden, tritt das Strommaximum vor dem Lichtmaximum ein.

Das Tönen eines sehr kurzen Bogens.

Ein sehr kurzer Flammenbogen giebt oft einen schrillen pfeifenden Ton von sich. Fig. 8 zeigt die entsprechende Kurve.

Stromstärke und Potentialdifferenz variieren zwischen 22,5 A. und 24 V. und 28 A. und 9,5 V.

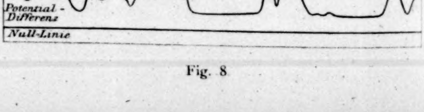


Fig. 8

1) The Electrician **33**, 298, 1894.

2) Aus der folgenden Reproduktion ist nur der Verlauf der Kurven, nicht aber die jeweilige Lichtintensität zu ersehen, da die verschiedene Stärke der photographischen Kurven nicht zum Ausdruck kommt. E. R.

3) La Lumière Électrique **43**, 54, 1892.

4) Physical Review **7**, 210, 1898.

Die letzteren Werte entsprechen einem durch einen schlechten Kontakt, etwa ein losgelöstes Kohlenstück, kurzgeschlossenen Lichtbogen.

Das Pfeifen ist wahrscheinlich auf das Wechseln von Kurzschluss und Wiederaufleuchten des Lichtbogens zurückzuführen.

Das Tönen eines sehr langen Bogens.

Diese Töne, die durch Frau Ayrton[1]) bemerkt wurden, sind jedenfalls der ausserordentlichen Empfindlichkeit langer Flammenbogen auf die geringsten Stromschwankungen zuzuschreiben — kommen also hier nicht in Betracht.

Intermittierende Bogen.

Wird ein Flammenbogen durch einen Luftstrom oder auf magnetischem Wege ausgeblasen, so leuchtet er oftmals wieder allein auf; wird das Auslöschen fortgesetzt, so folgen Auslöschung und Wiedereinsetzen des Bogens so rasch aufeinander, dass ein scharfer Ton entsteht. Blondel[2]) hat die Periode zu 3000—4000 pro Sek. im Falle eines Wechselstrombogens angegeben. Abraham hat 100000 für den Fall der Flammenentladung gefunden.

Musikalischer Bogen.

Ein Gleichstrom-Flammenbogen zwischen homogenen Kohlen tönt, falls sich im Nebenschluss zu ihm eine in Serie geschaltete Kapazität C und Selbstinduktion L befindet (vgl. Fig. 9).

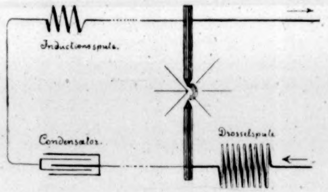


Fig. 9.

Das Tönen wird durch Eigenschwingungen des aus Selbstinduktion, Kapazität und Flammenbogen gebildeten Stromkreises hervorgerufen.

Die Tonhöhe wird bestimmt durch die Zeitperiode: $t = 2\pi\sqrt{L \cdot C}$, falls der Widerstand vernachlässigt werden kann. Der Flammenbogen selbst bildet hier den Umformer, der einen Teil des Speisegleichstroms in Wechselstrom verwandelt.

Die Frequenz des letzteren kann durch Veränderung der Selbstinduktion und Kapazität in ziemlich weiten Grenzen variiert werden (zwischen 500—40000 pro Sekunde). Damit es möglich ist, die Oszillationen im Kondensatorkreise aufrechtzuerhalten, ist nötig, dass während der Zeit der Schwankung genügende Energie dem Kondensator zugeführt wird, um die durch Joulesche Wärme verlorene Energie zu ersetzen. Wenn der Widerstand der Speiseleitungen gross ist und ∂V eine augenblickliche Potentialdifferenz-Änderung, ∂A die zugehörige Stromstärken-Änderung, r den Widerstand des Kondensatorstromkreises (ohne Einschluss des Kondensators) bezeichnet,

so muss sein: 1) $\frac{\partial V}{\partial A}$ negativ und

2) $\left|\frac{\partial V}{\partial A}\right| > r$

Nach den Untersuchungen von Frith und Rodgers ist $\frac{\partial V}{\partial A}$ stets positiv für zwei Dochtkohlen, stets negativ für zwei Homogenkohlen und ungefähr — 2 Ohm für einen 4 Ampère-Bogen. Da r leicht kleiner als 2 Ohm gemacht werden kann, sind also obige Bedingungen zu erfüllen.

Duddell zeigte, dass das Experiment bei Verwendung von Dochtkohlen misslingt und dass das Tönen durch Vergrösserung von r aufhört; auch die Hysteresis eines in die Selbstinduktionsspule eingeführten Eisenkernes bringt den Bogen leicht zum Schweigen.

Folgende Tabelle enthält, nach Duddell, günstige Versuchsbedingungen für offene und geschlossene Lichtbogen.

	Offener Lichtbog.	Geschl. Lichtbog.
Homogenkohlen . .	Conradty	Elektra
Durchmesser . . .	9 mm	13 mm
Lichtbogenlänge . .	1,5 mm	1,0 mm
Stromstärke . . .	3,5 A	5 A
Vorschaltwiderstand	42 Ω	28 Ω
Drosselspule . . .	$5{,}3 \times 10^{-3}$, 0,41 Ω	$5{\cdot}3\ 10^{-3}\ H$, 0,41 Ω
Kapazität des Kondensators . . .	1,1 — 5,4 Mikrofarad	1,1 — 5,4 Mikrofarad
Stromstärke im Kondensatorstromkreis bei 5,4 Mikrofarad	3 A	4,5 A

Im Zusammenhang mit den eben beschriebenen Experimenten wurde versucht, die Kohlen durch Metall-Elektroden zu ersetzen. Es zeigte sich, dass der Metalllichtbogen viel schneller seine Leitfähigkeit verliert, nachdem der Stromdurchgang aufgehört hat, als der Kohlenbogen. Während bei Dochtkohlenelektroden der Flammenbogen nach Unterbrechungen von $^1/_4$ Sekunde noch leitet, war dies bei Kupferelektroden schon nach $^1/_{27000}$ Sekunde nicht mehr der Fall, homogene Kohlen stehen in der Mitte.

1) The Electrician **34**, 338, 1895.
2) La Lumière Électrique **43**, 54, 1893.
3) Société Française de Physique, „Séances" **2**, 70, 1899.

Die ausserordentliche Schnelligkeit, mit der Lichtbögen zwischen Metallelektroden ihre Leitfähigkeit verlieren, erhellt auch aus der Thatsache, dass es unmöglich ist, mit Wechselströmen gewöhnlicher Frequenz einen Flammenbogen zwischen Metallelektroden zu erzielen, und dass erst eine Potentialdifferenz[1]) von ca. 2000 Volt im stande ist, diesen Flammenbogen aufrecht zu erhalten.

Falls im Stromkreis Spulen hoher Induktion enthalten sind, ist die Spannungserhöhung im Moment des Erlöschens des Bogens zwischen den Kupferelektroden infolge Parallelschaltung eines Kondensators zum Lichtbogen ziemlich beträchtlich, sie kann mehrere Tausend Volt betragen.

Dieses hat auch praktischen Wert bei Ausschaltern mit Metallkontakten, denen ein Kondensator parallel geschaltet ist. Ausschalter mit Dochtkohlen-Kontakten sind daher vorzuziehen, um ein Durchschlagen der Isolation oder Kurzschluss zu vermeiden.

Ein ähnlicher praktischer Fall liegt bei dem Hammer- oder Deprez-Unterbrecher eines Induktoriums vor, wo parallel zur Unterbrechungsstelle ein Kondensator geschaltet wird. In diesem Fall ist ein kräftiges Ansteigen der Potential-Differenz erwünscht. Die Kontakte sind daher vorteilhaft so zu wählen, dass der Flammenbogen möglichst rasch durch einen möglichst kleinen Kondensator ausgelöscht wird; denn nach Auslöschung des Flammenbogens ist offenbar das Ansteigen der Potentialdifferenz um so grösser, je kleiner der Kondensator ist. Kohlenkontakte wären daher sehr unbrauchbar. Dies wird durch Versuche von Beattie[2]) bestätigt, der bei Platinkontakten eine $2^1/_2$ mal so grosse Funkenlänge erzielte als bei Kohlenkontakten.

Nach einer nochmaligen kurzen Zusammenfassung aller Beobachtungsresultate behandelt Duddell in einem Anhang den Widerstand der Dochte von Dochtkohlen und leitet die Bedingungen ab, die beim musikalischen Bogen bestehen müssen.

Es bezeichne E und J die elektromotorische Kraft und die Stromstärke der Akkumulatorenbatterie, falls kein oszillatorischer Strom im Kondensatorstromkreis fliesst, V und A die entsprechenden Werte für den Lichtbogen. R sei der Vorschaltwiderstand, r der Widerstand des Kondensatorstromkreises, δV sei eine Potentialdifferenzänderung im Bogen, welche einen Strom δi während der Zeit δt im Kondensatorstromkreis erzeugt. δA und δJ seien die entsprechenden Änderungen von A und J. E wird als konstant angesehen. Unter der Annahme, dass δV und demnach δi am Ende jedes Zeitintervalls δt das Vorzeichen ändert, beträgt die Energiezufuhr zum Kondensator während einer Zeiteinheit δt: $(V + \delta V)(+\delta i)\,\delta t$, während der nächsten Zeiteinheit δt: $(V - \delta V)\,(-\delta i)\,\delta t$, also während einer vollen Periode $2\,\delta t$: $2\,\delta i\,\delta V\,\delta t$. Die während dieser Zeit infolge Joulescher Wärme verlorene Energie ist

$$2\,r\,(\delta i)^2\,\delta t.$$

Damit dem Kondensator während der Zeit $2\,\delta t$ Energie zugeführt wird, muss also $\delta i\,\delta V$ positiv sein und, damit die Ohmschen Verluste gedeckt werden,

$$\delta i\,\delta V > r\,(\delta i)^2.$$

Nun ist: $\delta J - \delta i = \delta A$ und

$$J = \frac{E - V}{R}.$$

Demnach: $$\delta J = -\frac{\delta V}{R}$$

und $$\delta i = -\frac{\delta V}{R} - \delta A = -\left(\frac{1}{R} + \frac{\delta A}{\delta V}\right)\delta V,$$

$$\delta i\,\delta V = -\left(\frac{1}{R} + \frac{\delta A}{\delta V}\right)(\delta V)^2$$

und es muss also $\frac{\delta V}{\delta A}$ negativ sein und dem absoluten Werte nach kleiner als R. Falls $\frac{\delta V}{\delta A}$ negativ ist, so ist die zweite Bedingung praktisch immer erfüllt.

Endlich ist noch die Bedingung $\delta i\,\delta V > r\,(\delta i)^2$ zu berücksichtigen; da $\delta i\,\delta V$ positiv ist, muss also

$$r\,\frac{\delta i}{\delta V} \leq 1$$

oder $$-r\left(\frac{1}{R} + \frac{\delta A}{\delta V}\right) < 1$$ sein.

Setzen wir voraus, dass $\frac{1}{R}$ gegen $\frac{\delta A}{\delta V}$ vernachlässigt werden kann, dann geht diese Bedingung über in:

$$-\frac{\delta V}{\delta A} \geq r,$$

d. h. $\frac{\delta V}{\delta A}$ muss negativ und numerisch grösser als r sein, also die massgebenden bereits oben angeführten Bedingungen.

E. Ruhmer.

(Eingegangen 21. Februar 1900.)

1) Arons, Wied. Ann. **57**, 185.
2) Phil. Mag. **50**, 146, 1900.

BESPRECHUNGEN.

S. Günther, Handbuch der Geophysik. 2. Auflage. gr. 8. 2 Bände. (Erster Band: XII und 648 S. mit Figuren, 1897, Mk. 15.—; zweiter Band: XIV und 1009 S. mit Figuren, 1899, Mk. 23.—.) Stuttgart, Ferdinand Enke. 1897 bis 1899. Mk. 38.—.

Mit Recht betont der Verf. in der Einleitung zum ersten Bande, dass das Studium der Geophysik im Aufschwung begriffen ist. Überblickt man das Gebiet, so tritt der Umstand in den Vordergrund, dass dieser Wissenszweig in seiner Entwicklung auf die Resultate sehr vieler anderen Zweige der Naturwissenschaften angewiesen ist. Damit hängt es denn auch wohl zusammen, dass an einer Einheitlichkeit in der Zusammenfassung der Einzelergebnisse und einer Zurückführung der Erscheinungen auf wenige Grundthatsachen noch nicht gesprochen werden kann. Es sind nicht nur die einzelnen Kapitel sehr verschieden durchgearbeitet, sie stehen auch noch vielfach in keinem Kontakt untereinander. Andererseits bietet die Geophysik für die reine Physik und die Mathematik ein so jungfräuliches Anwendungsgebiet, dass es lebhaft zu wünschen wäre, wenn diese Wissenschaften der Geophysik etwas näher träten. Dies wird — daran ist gar nicht zu zweifeln — auch rückwirkend Früchte tragen.

Von solchen Wünschen konnte so lange keine Rede sein, als die einzelnen Abhandlungen über die verschiedensten Publikationsorgane verstreut waren. Deshalb muss man es mit Dank begrüssen, wenn der Verfasser sich der schweren und anstrengenden Arbeit unterzog, die Resultate der Forschung zu sichten und einheitlich zu ordnen. Man hat lange Zeit in den Naturwissenschaften nichts von einer Politik der Sammlung wissen wollen, und mehr voraus gearbeitet. Es ist dadurch eine weitgehende Spezialisierung eingetreten; und doch ist das oberste Ziel unserer Forschung, die Zurückführung auf einige wenige Grundanschauungen. Dazu bedarf es der Sammlung. Dies für die Geophysik zu erreichen, ist die Aufgabe des vorliegenden Werkes.

Bei einem solchen Werke sollte man die Feile der Kritik nicht zu scharf aufsetzen, am wenigsten in der Geophysik, wo es heisst, so verschiedenartige Wissenszweige zu überschauen wie Geologie, Physik, Geographie und Astronomie.

Das Werk umfasst die Geophysik im weitesten Sinne und ein gut Teil der Astrophysik; speziell enthält der erste Band die Erde als Himmelskörper und die Physik der festen Erdrinde, der zweite Band die Physik der flüssigen und gasförmigen Bestandteile der Erde. Jedem Abschnitt folgt eine Litteraturübersicht, und zahlreiche Abbildungen dienen der Veranschaulichung.

A. Nippoldt jun.

(Eingegangen 14. März 1901.)

E. Piazzoli, Impianti di illuminazione elettrica. Quinta edizione rifatta. (Elektrische Beleuchtungsanlagen. Fünfte umgearbeitete Auflage.) Mailand, Ulrico Hoepli. 1901.

Das vorliegende Buch gehört zu den Manuali Hoepli, einer Serie abgeschlossener Einzeldarstellungen aus den verschiedensten Gebieten der Wissenschaft und Technik. In dem ungefähr 600 enggedruckte Seiten umfassenden Bändchen hat der Verf. mit Gründlichkeit und grossem Fleisse alles zusammengetragen, was auf die Erzeugung elektrischer Starkströme und ihre Verwendung zu Beleuchtungszwecken Bezug hat. Theoretisches ist nur insoweit berücksichtigt, als es für die in erster Reihe stehenden Bedürfnisse der Praxis erforderlich ist; dafür ist den letzteren bis in die kleinsten Einzelheiten Rechnung getragen und für den Techniker ein Nachschlagewerk von eminenter Brauchbarkeit geschaffen.

B. Dessau.

(Eingegangen 19. März 1901.)

R. Ferrini, Recenti progressi nelle applicazioni dell'elettricità. Terza edizione completamente rifatta. (Neuere Fortschritte in den Anwendungen der Elektrizität. Dritte, vollständig umgearbeitete Auflage.) 283 S. Mailand, Ulrico Hoepli. 1901.

Der Titel des vorliegenden Buches ist nicht ganz zutreffend, insofern dasselbe nicht so sehr eine Neubearbeitung des im Jahre 1884 in erster und zehn Jahre darauf in zweiter Auflage erschienenen Werkes, als vielmehr eine Ergänzung desselben darstellt. Während in der früheren, zwei Bände umfassenden Auflage der Verf. die Theorie und Konstruktion der Dynamomaschinen und Transformatoren, die Verteilung und die Anwendungen der elektrischen Energie in systematischer Weise behandelte, sind in dem vorliegenden Buche der Hauptsache nach nur die neueren Fortschritte der einschlägigen Gebiete berücksichtigt. Dafür ist dem technischen Teile ein allgemein theoretischer Abschnitt vorausgeschickt, welcher in dieser Form den früheren Auflagen fehlte und zu einer raschen Orientierung über die theoretischen Grundlagen der

Elektrotechnik bestimmt ist. Durch diesen Abschnitt gewinnt die neue Auflage ein selbständiges Interesse.

B. Dessau.

(Eingegangen 19. März 1901.)

O. Murani, Trattato elementare di fisica ad uzo dei Licei e degli Istituti Tecnici. Seconda edizione. Vol. I. Mailand, Ulrico Hoepli. 1901.

Der vorliegende erste Teil des für die italienischen Mittelschulen bestimmten Lehrbuches der Physik entspricht in Umfang und Behandlung des Gegenstandes den in Deutschland gebräuchlichen Lehrbüchern; der mathematischen Darstellung ist jedoch ein bescheidenerer Platz zugewiesen als es in deutschen Schulen üblich ist.

B. Dessau.

(Eingegangen 19. März 1901.)

B. Weinstein: Thermodynamik und Kinetik der Körper. gr. 8. Erster Band: Allgemeine Thermodynamik und Kinetik und Theorie der idealen und wirklichen Gase und Dämpfe. XVIII u. 484 S. mit Abbildungen. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn. 1901. Preis 12 Mk.

Für die ältere mechanische Wärmelehre besitzen wir das klassische Werk von Clausius und ausgezeichnete Handbücher, wie das von Zeuner, Rühlmann u. s. w. Ein vollständiges Lehrbuch der neueren Thermodynamik fehlt, denn die hervorragenden Bücher von Duhem: Le potentiel thermodynamique und von Planck: Thermodynamik behandeln wesentlich Spezialarbeiten der betreffenden Forscher. Diese Lücke hat der Verfasser auszufüllen gesucht. Mit den Lehren der Thermodynamik hat er diejenige der Kinetik der Substanzen verbunden, die beiden Wissenschaften sind eng durcheinander gearbeitet. So eingehend die Theorie behandelt ist, so ist sie doch stets an die Erfahrung angeschlossen worden, darum enthält das Buch auch zahlreiche numerische Berechnungen nicht allein zur Versinnbildlichung der Theorie, sondern auch zu deren Prüfung. Insbesondere betrifft dieses die Zustandsgleichung, auf deren kritische Untersuchung und ziffernmässige Erprobung grosse Mühe verwandt ist, um den Geltungsbereich der Theorie festzustellen.

In diesem ersten Bande sind die allgemeinen Lehren der Thermodynamik und die Zustandsgleichung der Körper behandelt. Sodann ist die Lehre von den idealen und den wirklichen Gasen mathematisch und physikalisch zur Darstellung gebracht. Eigene Untersuchungen des Verfassers schliessen sich an den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik, die Theorie der Zustandsgleichung, das Maxwellsche Gesetz für die Verteilung der Geschwindigkeiten in Gasen, die Theorie der mittleren Weglängen der Molekeln in Gasen, die Theorie der Reibung und den Reibungskoeffizienten, die Maxwellsche Theorie der Gase, das Verhalten der wirklichen Gase, an.

Durch die überall angewandte Kritik, sowohl an Theorie wie an Erfahrung, wirkt das Buch ausserordentlich anregend. Eine Fülle von Aufgaben und Fragen bieten sich sowohl für den Theoretiker als auch für den Experimentator dar. So gross das Material z. B. über das Verhalten der Körper auch ist, so ist es doch nur zu einem unverhältnismässig geringen Teil verwertbar, da die Angaben der einzelnen Forscher zu sehr voneinander abweichen, so dass man kaum im stande ist, die Theorie auch nur qualitativ mit der Erfahrung zu vergleichen. Hier liegt noch ein Gebiet brach, welches in den Händen eines geschickten und gewissenhaften Forschers reiche Früchte tragen wird.

Wegen der überall angewandten Kritik dürfte das Buch den Anfänger leicht verwirren; demjenigen, welcher etwa Plancks Thermodynamik und O. E. Meyers kinetische Gastheorie durchgearbeitet hat, kann es warm empfohlen werden.

G. C. Schmidt.

(Eingegangen 25. Januar 1901.)

Nachtrag zum Vorlesungsverzeichnis.

Universität Lausanne.

Henri Dufour: Experimentalphysik, I. Optik, II. Elektrizität, 5; Ausgewählte Kapitel der Physik, 3; Meteorologie (*gr*), 2; Physikal. Praktikum für Anfänger, 4; Laboratorium, täglich. — **Mayor**: Theoretische Physik, 2; Mechanik, 4. — **Palaz**: Elektrotechnik, 6; Transformatoren und Accumulatoren, 2. — **Dapples**: Technische Physik, Heizung, Verdampfung, 2. — **Dutoit**: Chemische Physik, 2; Elektrochemie, 2. — **Brunner**: Organische Chemie, 7; Chemischlaboratorische Arbeiten, 12 und täglich. — **Chuard**: Analytische Chemie; Agrikultur-Chemie. — **Brélaz**: Technische Chemie, Sprengstoffe, 2. — **Pelet**: Technisch-chem. Farbstoffe, 2. — **Seiler**: Analyse der Nahrungsmittel, 2. — **Amstein**: Differential- und Integralrechnung, 5, Übungen 2; Variationsrechnung, 2; Elliptische Funktionen 3; Elemente der Differential- und Integralrechnung, 3; Theorie der algebraischen Funktionen, 2. — **Joly**: Analytische Geometrie, 2; Darstellende Geometrie, 2. — **Reiss**: Theorie der Photographie; Photographisches Praktikum. — **Ch. Dufour**: Astronomie: Planeten, Kometen, Zeitmessung, 3. —

Vorlesungen werden in der französischen Sprache gehalten. Prüfungen und Repetitorium in Deutsch und Französisch.

Die in der philosophischen Fakultät zu Lausanne verbrachten Semester werden an der Berliner Universität voll angerechnet.

Personalien.

Der Astronom Jesse, der in Steglitz bei Berlin lebte und auf der Maienhöhe bei Südende eine Wolkenwarte errichtet hatte, ist im 64. Lebensjahre nach längerem Leiden verschieden.

Der Privatdozent und Adjunkt an der Sternwarte der deutschen Universität in Prag Dr. R. Spitaler ist zum ausserordentlichen Professor der kosmischen Physik an dieser Universität ernannt worden.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.